COMPENDIO DE MÉTODOS ANTROPOLÓGICO FORENSES

PARA LA RECONSTRUCCIÓN DEL PERFIL OSTEO-BIOLÓGICO

Udo Krenzer

Tomo VII

CAMBIOS POSMORTEM

CAFCA
CENTRO DE ANALISIS FORENSE Y CIENCIAS APLICADAS

7
Serie de Antropología Forense

Compendio de métodos antropológico forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico

Udo Krenzer

Tomo VII
Cambios posmortem

Guatemala
2006

Elaborado por: Udo Krenzer
Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas
CAFCA
2 calle 6-77, zona 1
Ciudad, Guatemala
Teléfono: (502) 2253-2080
http://www.cafcaguatemala.org

Financiado por: DED y EED

Diseño de portada: Rafael Molina

Diagramación interiores: CIBER NEGOCIOS Guatemala
Teléfonos: (502) 2450-4889 (502) 2256-1276
E-mail: ventas@cibernegociosguatemala.com

Primera edición 2006
Serie de Antropología Forense
Tomo 7

ISBN: 99922-859-7-4

Compendio de métodos antropológico forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico

Tomo VII

Cambios posmortem

Contenido

1.	Cambios posmortem	1
1.1.	Introducción a la tafonomía	1
1.2.	Descomposición y esqueletización	3
1.3.	Agentes ambientales	7
1.4.	Depredación animal	12
1.5.	Métodos adicionales	13
2.	Análisis de huesos quemados	16
2.1.	Introducción a la cremación	16
2.2.	Proceso de la cremación	17
2.3.	Métodos de la identificación en huesos quemados	21
2.4.	Ficha para el análisis de restos quemados	25
	Bibliografía	26

1. Cambios posmortem

1.1. Introducción a la tafonomía

El intervalo posmortem se entiende como el tiempo transcurrido desde el momento de la muerte. Este representa un aspecto interesante e importante en la investigación antropológico forense, y los investigadores medicolegales utilizan una variedad de métodos para establecer este tiempo. Durante las primeras horas después de la muerte se observan:

- Livor mortis (livideces - sedimentación de la sangre en el cuerpo)
- Algor mortis (refrigeración de la temperatura corporal después de la muerte)
- Rigor mortis (rigidez cadavérica)
- Humor vítreo (cambios en los líquidos de los ojos)

Después de 24 horas, estas observaciones por la descomposición del tejido blando no son adecuadas ni útiles. Este es el punto de partida para las técnicas, que son utilizadas por antropólogos forenses y otros especialistas, como los entomólogos forenses. Tabla 1 presenta algunos cambios posmortem y sus modificadores.

Después de la muerte, gran cantidad de organismos y agentes inician a descomponer el cuerpo, causando pérdida de la piel, músculos y órganos internos. Entre los organismos se encuentran algunos animales grandes que comen los tejidos, y también bacterias que causan putrefacción y destrucción de los órganos internos. De igual manera, el crecimiento de plantas encima, debajo y entre los segmentos del cuerpo. Además existen factores físicos (por ejemplo clima) que rompen, entierran o transportan los restos con la consecuencia de dañarlos. En algunas ocasiones se puede determinar el radio, en cual trabajan estos agentes y con ello establecer el tiempo desde la muerte.

La rama científica, que analiza los cambios de los organismos biológicos entre el tiempo transcurrido desde la muerte y el tiempo del descubrimiento, es la tafonomía. Para determinar el intervalo posmortem se utiliza información adicional de la entomología (estudio de insectos), que da insumos específicos sobre los círculos vitales y sucesiones de insectos en cadáveres, así como la botánica, que analiza el crecimiento de la flora. La tafonomía forense investiga concretamente las fases de la descomposición del cuerpo humano hasta el estado de esqueletización completa en el contexto médico-legal. Adicionalmente se estudia el escenario en el cual los animales comen, desarticulan y modifican los restos. El intervalo posmortem se estima por el conocimiento del tiempo que pasa durante las etapas del deterioro en climas particulares con accesibilidad limitada para animales. Otros especialistas involucrados en la tafonomía forense analizan el deterioro de distintos materiales (ropa, papel), la química del suelo alrededor de los restos o la degeneración del ADN. Tabla 2 resume los fenómenos de la descomposición.

Tabla 1 Cambios posmortem (según Clark et al. 1997)

tiempo	cambios	modificadores	categoría	fase
0 minuto	termina la circulación y respiración palidez lividez inicial relajación muscular relajación de esfínter	temperatura humedad aire libre locación adentro sumergido en agua	ver tabla cambios iniciales	
2 horas	cambios vasculares en ojos inicio de rigidez cadavérica lividez fuerte		cambios tardíos	
4-5 horas	coagulación de sangre			
1 día	fijación de la lividez córnea se seca		putrefacción cambio de tejidos	I II
2 días	re-licuefacción de la sangre finaliza rigidez cadavérica hemólisis intravascular			III
3 días	pérdida de pelo y uñas			
4 días	caída de la piel y formación de llagas crecimiento excesivode bacterias	actividad de insectos actividad de animales	inflado	IV V
meses	mancha verde hinchazón liberación de gases licuefacción de órganos internos pérdida gradual del tejido blando esqueletización parcial esqueletización completa	momificación formación adipocira	destrucción esqueleto	VI VII VIII IX X

Tabla 2 Relación entre tafonomía y la determinación tradicional del intervalo posmortem (según Sledzik 1998)

intervalo	fenómeno	metodología
minutos – horas	cambios enzimáticos; respiración celular	bioquímica, biología celular
horas – un día	rigidez cadavérica	patología forense
un día – una semana	descomposición posmortem	patología forense, ecología
semanas – meses	desarticulación/ esqueletización	antropología, arqueología
meses – años	derrame/ entierro/ destrucción de suelos arcillosos	arqueología, paleoecología
años – decenios	fosilización/ diagénesis / oligoelementos	arqueología, paleontología, mineralogía

1.2. Descomposición y esqueletización

Cuando mueren sistemas vivos, una cantidad de organismos y otras fuerzas naturales destruyen el tejido orgánico, lo cual resulta en la pérdida parcial o completa de los componentes. Entre ellos, las fuerzas más poderosas son:

- Autólisis, la degeneración del tejido por líquidos digestivos, causando la destrucción de los órganos internos
- Putrefacción, la proliferación y destrucción por microorganismos como bacterias

Tanto los líquidos digestivos como los microorganismos existen dentro del cuerpo humano y son controlados por sus funciones. En el cuerpo muerto, los líquidos destruyen el material biológico y las bacterias se reproducen sin control, comen músculos, órganos internos y otros tejidos. Un efecto secundario de su acción es la liberación de gases (amoníaco, nitrógeno, bióxido de carbono, metano), que hinchan las cavidades corporales. Atraídos por la liberación de dichos gases, algunos insectos, especialmente moscas, empiezan a alimentarse de los tejidos alrededor los ojos, orejas, nariz, boca, pene, vagina y ano. Luego depositan sus huevos dentro y alrededor de los restos humanos muertos y así inicia el círculo de la actividad de artrópodos, que va desde la deposición de huevos por la descendencia, que se alimenta por carroña hasta la generación nueva de adultos, que depositan de nuevo sus huevos. Durante este círculo otros insectos son atraídos al cuerpo, donde se alimentan no solo por los tejidos humanos, sino también por los huevos y larvas de dichos insectos.

Junto con los microorganismos y artrópodos, muchos animales grandes son atraídos al cadáver. Cuando se da el caso, los carnívoros, en su mayoría perros y coyotes, comen los tejidos blandos de la cavidad corporal, brazos, piernas y el cuello; desarticulan el esqueleto y rompen los huesos, pisoteándolos. Finalmente los carnívoros, junto con roedores, roen los huesos causando pérdida de elementos óseos.

La mayoría de los daños causados en los restos humanos son efectuados por animales, pero también las plantas asisten en este proceso, creciendo dentro y alrededor de los restos. Raíces separan los elementos esqueletales, causando la desarticulación. El cráneo por ejemplo, es afectado por el crecimiento de plantas debido a sus varios orificios. Además, mohos crecen en la piel y otros tejidos, donde destruyen la estructura celular. A veces la actividad botánica se intensifica por el proceso de autólisis. Las sustancias liberadas funcionan como un fertilizante, provocando un crecimiento rápido y agresivo.

Otras fuerzas que participan en la destrucción de los restos orgánicos son agentes non biológicos, como el ácido del suelo, fuerzas climáticas y otras factores físicos. Los ácidos del suelo, que contienen las aguas freáticas, pueden aportar al deterioro del tejido blando y de los restos óseos. A la inversa, la misma agua freática puede lixiviar[1] por el cuerpo, causando la mineralización de los huesos. Los efectos del fuego al hueso

[1] Lixiviación es el proceso por el cual los minerales son transportados mecánicamente hacia abajo por efecto del agua (lavados).

son similares y fortalecen el proceso de la descomposición (ver capítulo 2.) Cuando se pierden los tejidos blandos, el sol y el aire erosionan las superficies corticales, además los huesos pueden ser afectados o rotos por la sedimentación y por piedras. Finalmente, el agua puede afectar la descomposición durante la transportación en ríos o mares, y por la formación de adipocira, que es la hidratación de la grasa corporal.

Cuando se refiere a la velocidad de la descomposición, los factores más importantes son temperatura, humedad y accesibilidad al cadáver. La temperatura influye de forma significativa la actividad de animales y plantas. Los restos depositados en climas calientes muestran mayor actividad de insectos, y por ello una tasa de descomposición más rápida que en climas fríos. Como regla general se puede establecer, que el deterioro del tejido blando es más rápido, cuando se acerca al ecuador, en comparación con áreas más cerca a los polos. La descomposición de cadáveres es simplemente más rápida bajo efectos del sol que en la sombra o temperaturas bajas. Finalmente, la fluctuación de la temperatura influye también en la descomposición por la ausencia de insectos. El ciclo de refrigeración y calefacción acelera el proceso de descomposición, pues se rompen los tejidos conectivos.

La humedad juega también un rol importante. Generalmente, la descomposición es más rápida en áreas húmedas que en áreas secas. Los tejidos se secan lentamente en un medio ambiente con alta humedad y así se permite la alta actividad de insectos y otros organismos. Al contrario, los climas secos causan la aceleración de la deshidratación de la piel y los órganos internos, lo cual resulta a veces en la momificación natural, la cual funciona como barrera para las criaturas afectantes. La accesibilidad de los restos es el último factor a presentar; en virtud de que los animales como moscas, escarabajos, ratas, perros, coyotes y osos son los agentes más importantes en el proceso de descomposición. Todas las circunstancias que permitan el acceso a estas criaturas aceleran el proceso de la descomposición. En este contexto se analizan traumas y deposición como criterios. Los traumas con orificios o aperturas en la piel permiten el ingreso al tejido interno a los insectos. Así, las heridas abiertas son las áreas preferidas de acceso. En el contexto de la localización del cuerpo se observa que los cadáveres decaen más rápido en escenarios al aire que en estructuras cerradas, entre otros por la accesibilidad para animales. Los cadáveres depositados en el suelo decaen más rápido que en el agua, otra vez por el factor de accesibilidad. La profundidad de los entierros también afecta al proceso de manera correlativa. Los restos cerca de la superficie son más accesibles para los agentes, y por eso el deterioro es más rápido que en restos enterrados a más profundidad.

Sin saber la causa, la lluvia casi no afecta la velocidad del proceso de la descomposición; tampoco el tamaño o el peso del cuerpo influye esta velocidad, porque las grasas corporales se licuan rápidamente después de la muerte, sin tomar en cuenta la cantidad. Además, la velocidad de la descomposición de restos de infantes o niños es comparable con la de los adultos.

El proceso de descomposición inicia con el cuerpo humano fresco y sigue por diferentes etapas hasta la esqueletización completa (ver tabla 3).

Tabla 3 Categorías y estados de la descomposición (según Galloway 1997)

etapa	descripción
fresco	apariencia fresca; no decoloración de la piel; no actividad de insectos
descomposición inicial	apariencia rosa-blanco con caída de piel y cabello; decoloración café particularmente en los dedos, nariz y orejas; carne relativamente fresca, cuerpo hinchado con decoloración verde; cuerpo deshinchado con decoloración verde – oscuro; decoloración café hasta negro en los brazos y piernas; piel parece como cuero
descomposición avanzada	carne desprendida; cavidad abdominal se cava, pérdida de órganos internos; actividad extensa de gusanos; descomposición húmeda donde hay huesos expuestos; momificación con retención de las estructuras internas; momificación del tejido exterior solamente con pérdida de los órganos internos por autólisis o actividad de insectos; momificación con huesos expuestos o menos que la mitad del esqueleto; presencia de adipocira
esqueletización	huesos grasientos con tejido descompuesto; líquidos del cuerpo presentes; huesos con tejido desecado o momificado cubre menos que la mitad del esqueleto; huesos casi secos con poca grasa; hueso seco
descomposición extrema	esqueletización con blanqueo; esqueletización con exfoliación; esqueletización con pérdida metafisial y hueso esponjosoexpuesto en vértebras y huesos largos

Lamentablemente, la cantidad de artículos que tratan las velocidades de este proceso y utilizan referencias comparables es baja. Los estudios sobre la descomposición física se enfocan en los cambios posmortem como la hinchazón de las cavidades corporales, y el tiempo hasta que ocurren los fenómenos. Aunque los procesos son contínuos, se establecen etapas caracterizadas por alteraciones identificables visualmente. Se calibran las etapas por observaciones o experimentos con cadáveres. Desafortunadamente existen varios factores, que influyen la tasa de la pérdida de tejidos como - ya mencionada - el clima. Así, no se pueden establecer reglas concretas para la descomposición en diferentes ambientes o regiones geográficas. Como segundo elemento, que dificulta la variación de la velocidad entre las etapas está la estimación causada por la superposición dentro los rangos. En tercer lugar, en vista de que el proceso es contínuo, diferentes partes del cuerpo presentan diferentes etapas o velocidades de la descomposición, lo que causa confusión en la estimación del tiempo transcurrido desde la muerte. Las tasas existentes resultaron en su mayoría de estudios sobre hallazgos superficiales como en la granja de cuerpos (“body farm”) en Tennessee, EEUU. A partir de ellos no se permite estimar las velocidades del deterioro de los restos enterrados o sumergidos. Finalmente, las descripciones de los cambios resultan de estudios durante las cuatro épocas del año, mezclando los efectos de fluctuación del clima. Considerando todos estos factores,la tarea de la estimación del tiempo transcurrido desde la muerte incluye mucha variabilidad e imprevistos, y por eso constituye una estimación o aproximación profesional por partes de antropólogos forenses.

El método general para determinar el intervalo posmortem en un escenario forense es la categorización de la cantidad de descomposición dentro de las distintas etapas. Se toma en cuenta, que no existen estándares para estas tareas. La tabla 4 recolecta

efectos y agentes según sus valores relacionados al proceso, mientras que la tabla 5 resume las etapas y los cambios posmortem.

Tabla 4 Variables que afectan la descomposición del cuerpo humano (según Sledzik 1998)

variable	efectos en la tasa de descomposición
temperatura	5
insectos	5
entierro y profundidad	5
carnívoros y roedores	4
traumas	4
humedad/ aridez	4
lluvia	3
constitución del cadáver	3
embalsamamiento	3
ropa	2
ubicación en superficie	1
pH del suelo	desconocido

Tabla 5 Escala de etapas de descomposición (según Clark et al. 1997)

categoría	etapa	cambios
putrefacción	I	primer olor de putrefacción, lividez fijada, rigidez decadente tejido pegajoso
	II	abdomen con decoloración verde, hemólisis, livor intenso, no rigidez, primeros desprendimientos de la piel, nariz, labios y dedos se secan
	III	gas del tejido en rayos-X, hemólisis prominente, tejidos blandos y resbaladizos, piel se desprende fácilmente
hinchazón	IV	primera hinchazón del cuerpo, decoloración de la cabeza no decoloración del tronco, apariencia como mármol (jaspeado), gas en el corazón, llagas
	V	hinchazón moderada,decoloración de la cabeza y tronco
	VI	hinchazón máxima
destrucción	VII	liberación de gases,putrefacción del tejido blando destrucción total de la sangre,esqueletización parcial
	VIII	adipocira momificación / esqueletización parcial
esqueleto	IX	esqueletizado con ligamentos
	X	esqueletizado sin tejido blando

1.3. Agentes ambientales

Como se ha mencionado anteriormente, la mayoría de los estudios, que calibran las tasas de la descomposición se refieren a hallazgos superficiales de casos forenses con fechas de muerte conocidas en los EEUU, representando varias condiciones del medio ambiente. La tabla 6 refleja los resultados de los estudios de Lyman y Fox (1997), que analizaron el patrón de la intemperie.

Tabla 6 Patrón de la intemperie (según Lyman & Fox 1997, Ubelaker 1997)

fase	rango desde la muerte (años)	descripción
0	0 - 1	superficie del hueso sin defectos, todavía esta grasiento; cavidades medulares contienen tejido; piel y músculos/ ligamentos cubren partes o la superficie ósea entera
1	0 - 3 o 4	huesos astillados, normalmente paralelo a la estructura fibrosa (p.e. longitudinal en huesos largos); Superficie articular muestra astillas, mosaico de tejido cubierto y en el hueso mismo; grasa, piel y otros tejidos, sean presentes o no
2	2 - 6 o 7	superficie muestra trozos en asociación con grietas hasta que se separa la lamina exterior; restos de ligamentos o piel presentes
3	4 - 15+	superficie caracterizada por piezas ásperas, erosionado homogéneo compacto que resulta en textura fibrosa; erosión no penetra más profundo que 1,0 mm – 1,5 mm; rara conservación del tejido
4	6 - 15+	superficie esta fibrosa áspera en textura; esquirlas en el hueso; erosión penetra hasta las cavidades; grietas abiertas con bordes redondeados o rajados
5	6 - 15+	descomposición del hueso en situ; esquirlas grandes

Clima tibio y húmedo

Según los estudios y la experiencia durante más de 30 años por parte de W. Bass (1997) en la granja de cuerpos (“Anthropology Research Facilities” -ARF- de la Universidad Tennessee), la mayoría de la pérdida del tejido blando es causada por insectos y por aves como cornejas. La tabla 7 contiene un resumen de los cambios en el clima tibio-húmedo.

Los datos contienen dos puntos claves para saber los rangos amplios en las etapas posteriores y cuyo resultado es el refinamiento de intervalos posmortem para cuerpos en descomposición avanzada. Ubelaker (1999) anotó, que los cuerpos alcanzan el estado de esqueletización en clima caliente-húmedo en solamente dos semanas posmortem.

Tabla 7 Ratio de descomposición en clima tibio-húmedo (según Bass 1997)

etapa	cambios en la descomposición
primer día	huevos de insectos presentes, parecen como serrín, venas obser vadas por la piel de apariencia azul o verde; presentes líquidos alrededor de la nariz y boca
primer semana	gusanos activos en la cara; exposición de los huesos alrededor de los ojos y nariz, aparecen escarabajos; pelo y piel se despren den del cuerpo; venas prominentes son azules o verdes; restos emanan olor de descomposición; abdomen se hincha; en la piel aparecen mohos; carnívoros activos; ácidos grasos volátiles dañaron la vegetación alrededor del cuerpo
primer mes	gusanos menos activos; escarabajos más común; no inflación, si el cuerpo estaba resguardado, los huesos se exponen; si el cuerpo no estaba cubierto, la piel expuesta al sol se seca y como cuero por la protección de los gusanos; carnívoros remueven partes del cadáver; tejido blando y huesos con mohos; adipocira presente
primer año	exposición total del esqueleto, huesos blanqueados, musgo y algas verdes crecen en huesos sombreados; roeduras presentes; animales (p.e. ratones, avispas) se encajan en el cráneo
primer decenio	exfoliación del hueso cortical presente, grietas longitudinales ocurren en huesos largos expuestos al sol; raíces de plantas crecen dentro o por huesos; extensa actividad de roedores

Clima caliente y árido

Los análisis de Galloway y colaboradores (1989), efectuados en Arizona, EEUU, produjeron la base para la estimación del tiempo transcurrido desde la muerte en el clima caliente y seco. Basados en 189 casos forenses recogidos durante 20 años, los autores establecieron una escena de cinco etapas según criterios como color del tejido blando, pérdida del tejido blando, exposición de hueso, etc. Con relación a la descripción dada en tabla 8 se determina los intervalos para cada una de las etapas como está presentada en tabla 9.

Tabla 8 Categorías y estadios de la descomposición en Arizona (según Byers 2002)

etapa	descripción
fresco	apariencia fresca; no decoloración de la piel; no actividades de insectos
descomposición inicial	carne relativamente fresca; variación de decoloración de gris a verde, café o negro; poca caída de piel y cabello; cuerpo inflado o hinchado; piel con apariencia de cuero
descomposición avanzada	carne desprendida; cavidad abdominal se cava, pérdida de órganos internos; actividad extensa de gusanos; momificación del tejido exterior; menos de la mitad del esqueleto expuesto; adipocira presente

Cont. tabla 8 Categorías y estados de la descomposición en Arizona (según Byers 2002)

etapa	descripción
esqueletización	descomposición del tejido blando con posible desecación; exposición de la mayoría del esqueleto; unos líquidos del cuerpo presentes; huesos grasientos a secos
descomposición extrema	esqueletización con blanqueo; exfoliación; pérdida metafisial; hueso esponjoso expuesto en vértebras y huesos largos

En las primeras etapas se observa el parecido con el clima tibio y húmedo presentado anteriormente. En adición, los autores encontraron que el proceso hasta el estadio de esqueletización es cinco veces más rápido en verano que en invierno.

Tabla 9 Proceso de la descomposición en clima caliente – árido (Arizona) (según Galloway et al. 1989, por Byers 2002)

etapa	rango	mayoría (66% o más)
fresco	de 1 a 7 días	primer día
descomposición inicial	de 1 día a 4 meses	de 2 a 8 días
descomposición avanzada	de 3 días a 3 años	de 10 semanas a 4 meses
esqueletización	de 7 días a más de 3 años	de 3 meses a más de 3 años
descomposición extrema	de 2 meses a más de 3 años	de 9 meses a más de 3 años

Sledzik (1998) analizó las diferencias de la tasa de la descomposición entre restos superficiales y cadáveres dentro de estructuras cerradas. Los resultados son representados en tabla 10.

Tabla 10 Etapas de la descomposición en el occidente de los EEUU (según Sledzik 1998)

	promedio del tiempo	mínimo / máximo tiempo
aire libre		
fresco	0 - 2 días	0 - 6 días
hinchazón	2 - 5 días	2 - 8 días
pos-hinchazón	5 - 8 días	5 días - 2 meses
momificación parcial	10 días - 1 mes	9 días - 1 mes
desecación	2 - 5 meses	2 meses - 18 meses
esqueletización	5 - 18 meses	2 meses - 2 años
blanqueo / exfoliación	18 meses - 3 años	6 meses - 3 años
estructura cerrada		
fresco	0 - 3 días	0 - 5 días
hinchazón	3 - 8 días	3 - 10 días
pos-hinchazón	8 - 11 días	8 - 11 días
momificación	1 mes - 4 meses	11 días - 4 meses
esqueletización	4 meses - 3 años	14 días - 3 años

Clima frío y árido

Komar (1998) realizó estudios en clima frío y árido, en el occidente de Canadá, refiriéndose a hallazgos al aire libre o áreas acuáticas. La investigadora utilizó cuatro etapas de la descomposición, estudiando 17 casos forenses. Así, ella logró una estimación aproximada con traslape de categorías, sin tomar en cuenta los cambios iniciales. Además, según Komar, el alcance de la esqueletización es posible en solo dos meses (ver tabla 11), pero normalmente se puede partir de la base, que dicho proceso es significativamente más lento en clima frío. Según los estudios de Ubelaker (1999), se puede esperar hallar tejido blando después de miles de años en climas áridos extremos. Sledzik además afirmó, que también la altura está correlacionada con la influencia al intervalo posmortem.

Tabla 11 Proceso de descomposición en clima frío - seco (según Byers 2002)

etapa	descripción	rango
moderada	huesos parcialmente expuestos; pérdida de partes del cuerpo; formación de adipocira	< 3,5 meses
avanzada	pérdida de órganos internos; huesos moderadamente expuestos; adipocira extensiva	de 1,5 meses a 2,7 años
esqueletizada, con poco tejido blando	exposición de algunos elementos óseos completos; solo tejidos blandos restantes desecados	de 4 meses a 3,5 años
esqueletización completa	tejido blando no recuperado	de 2 meses a 8 años

Restos enterrados y sumergidos

Rodríguez (1997) explicó, que se identifican los lugares de enterramiento por depresiones superficiales en la tierra. Dichas modificaciones topográficas son resultado de la hinchazón de las cavidades corporales, causadas por gases, y la caída de la tierra, que cubrió los restos hinchados. Los datos disponibles sobre restos enterrados resultaron de los estudios de Rodríguez y Bass (1985). Los investigadores enterraron 6 cadáveres a diferentes profundidades desde uno hasta cuatro pies. Es obvio, que el proceso de la descomposición en cadáveres superficiales es más rápido que en los restos enterrados. A partir de una profundidad de dos pies, los cadáveres son inaccesibles para los insectos, que se alimentan por carroña. Por eso, la velocidad del deterioro es más lento que en restos al aire libre. Pero las moscas y escarabajos cavan en la tierra hasta la profundidad de un metro, y por lo tanto sí tienen acceso al cadáver. Otro factor para la reducción de la velocidad de la descomposición es la temperatura, que disminuye junto con la profundidad, porque la tierra funciona como barrera para la radiación solar (Rodríguez 1997). Además, la tierra alrededor de los cuerpos funciona como una refrigeradora, reduciendo el proceso de la pérdida de tejidos blandos. Según Rodríguez (1997), se observa adipocira en suelos de barro o en profundidades con tierra húmeda y casi nunca en tierras secas. Ubelaker (1999) aclaró, que el intervalo posmortem también depende del valor del ácido del suelo. Lamentablemente la muestra no es representativa

para establecer reglas específicas, pero en profundidades mayores de cuatro pies, el cuerpo se mantiene intacto por casi un año. Después de dos ó tres años los restos enterrados pasan al estado de esqueletización (Rodríguez 1997). Las tablas 12 y 13 se refieren a la descripción de los procesos de la descomposición en restos enterrados.

Tabla 12 Lesiones superficiales en huesos (según Henke & Rothe 1994)

causa	tipo
procesos geotérmicos	fracturas, torsión, grietas
procesos geodinámicos	fracturas, torsión
arena, agua	abrasión
plantas, bacterias	impresiones, canales
animales hombres herramientas acción médica o ritual	huellas de mordedura, roedores, perforación o corrosión fracturas, huellas de golpes, raspar, serrar, cortes, trepanación

Tabla 13 Proceso de descomposición en restos enterrados (según Henke & Rothe 1994)

procesos	factores / mecanismos
descomposición / podredumbre	bacterias, hongos
desarticulación / transporte	mamíferos, aves, aguas corrientes
cambios químicos	aguas freáticas, ácidos del suelo
alteración	hombre, animales, raíces, aguas corrientes, movimiento de la tierra
exhumación	excavación, movimiento de la tierra
deposición después la exhumación	lavado, clasificación, transporte
análisis	manipulación

La velocidad en la cual se deterioran los restos humanos sumergidos tampoco es conocida exactamente, por falta de estudios adecuados. Pero Maples y Browning (1994) propusieron la orientación, de que la descomposición de una semana al aire es similar a la de dos semanas dentro del agua u ocho semanas enterrado. Con el conocimiento de las etapas de la descomposición al aire, se puede reproducir entonces el tiempo desde la muerte en dichas ocasiones, que se manifiesta en el factor 2 respectivamente en el factor 8. La tabla 14 se refiere a las etapas de la descomposición de restos sumergidos.

Tabla 14 Etapas de descomposición, criterios de clasificación, duración del tiempo en agua y tamaño de la muestra para agua de mar y agua dulce (según Boyle et al. 1997)

etapa	descripción	agua dulce		agua de mar	
		tiempo	N	tiempo	N
fresco	ausencia de decoloración significante o hinchazón; rigidez cadavérica sea presente	de 2 día 0-2 días	38	0-3 días	22
descomposición inicial	decoloración significante e hinchazón inicial hasta completa	de 1 semana	11	de 2 días a 1 semana	4
descomposición avanzada	inicio de formación adipocira; desprendimiento y blanqueo del tejido blando; erosión del tejido superficial	de 1 semana a 1 mes	13	?	2
esqueletización	elementos del esqueleto expuesto; desarrollo significativo de adipocira	1 mes +	2	?	1

1.4. Depredación animal

La depredación por carnívoros y a veces por roedores es frecuente, especialmente en cadáveres posicionados al aire libre o enterrados en tumbas. Haglund (1997a, b) presentó un resumen sobre este tema con base en 37 restos depredados. El encontró, que los animales consumen los tejidos blandos, dispersan el esqueleto, quiebran los huesos y roen los elementos óseos. En los EEUU son perros y coyotes los animales más activos en este sentido, pero también gatos, cerdos, mapaches, osos, aves, roedores, anfibios y reptiles participan en este proceso. En el contexto guatemalteco juegan cuyos, armadillos, taltuzas y tacuacines, un papel en el lado de roedores, pizotes, coches y zopilotes de monte, en el lado de carnívoros. Adicionalmente son los humanos los que a veces sacan restos para colecciones privadas como cráneos de trofeo. Haglund (1997) desarrolló un esquema de cinco etapas, que se refleja en la tabla 15.

De nuevo se toma nota de los rangos amplios y la variación grande dentro y entre las etapas. Pero se puede observar la correlación entre el tiempo ocurrido desde la muerte y el consumo del tejido, la desarticulación y el porcentaje del material recuperado. Basándose solamente en once casos, Haglund y colaboradores (1988) mostraron una correlación negativa entre el tiempo pasado y la cantidad de huesos recuperados. Así se establecieron casos en donde existe solamente el 20% del esqueleto; y que el intervalo posmortem ocupa un lapso de tiempo entre seis meses y cuatro años. La presencia de 80% o más del esqueleto indica un intervalo posmortem menor de seis meses.

Generalmente se acepta que los animales comen primero los fines distales de los huesos largos, donde el córtex es fino, así como los coxales y las vértebras. Según Stewart (1979) y Sledzik (1998), roedores prefieren regiones como la cara, manos, pies y el abdomen.

Tabla 15 Estados de depredación e inventarios asociados (según Haglund 1997)

fase	descripción	rango
0	principio de depredación del tejido blando sin remover partes del cadáver	de 4 horas a 14 días
1	destrucción de tórax ventral por eviceración y remoción de una o ambas extremidades superiores, incluyendo los omoplatos y clavículas parciales o completas	de 22 días a 2,5 meses
2	extremidades inferiores removidas completa o parcialmente	de 2 a 4,5 meses
3	todos los elementos del esqueleto desarticulados con la excepción de la columna vertebral	de 2 a 11 meses
4	desarticulación total; solamente el cráneo y elementos esqueletizados clasificados o fragmentos recuperados	de 5 a 52 meses

1.5. Métodos adicionales

Varios especialistas forenses desarrollaron diferentes métodos para estimar el intervalo posmortem, entre estos métodos químicos para analizar el suelo debajo de los cadáveres o cambios dentales. Adicionalmente existen métodos bioquímicos para la determinación del intervalo posmortem como la datación ^{14}C, análisis de nitrógeno, amino-ácidos, proteínas, triglicéridos, fluorescentes o estroncio 90. Sin duda, dichas investigaciones son útiles, aunque los especialistas forenses buscan asesoría adicional con disciplinas como la entomología, botánica y estudios de deterioro no biológico.

Entomología forense

Es el estudio de insectos relacionado a la investigación medicolegal. Haskell y colaboradores (1997) hicieron una revisión del tema y subrayaron, que se determina el intervalo posmortem por las etapas vitales de los insectos. De forma similar se estima el momento de la muerte por la presencia predominante de insectos distintos en las diferentes épocas. También se detecta el traslado de cadáveres de una región por el lugar de origen de los insectos presentes. Finalmente, se identifica hábitos personales, tales como el abuso de drogas a través de los insectos, que se alimentan de los cadáveres y que por lo tanto contienen las mismas substancias.

El intervalo posmortem se determina por el conocimiento sobre las actividades de los insectos con relación a los restos humanos. Después de la muerte empieza una sucesión de insectos, cuando varios artrópodos como moscardones y escarabajos se alimentan de los restos.Los insectos adultos deponen sus huevos sobre los restos humanos, los cuales se transforman en larvas. Dichas larvas se alimentan otra vez del cadáver. Cuando los descendientes se convierten en adultos, continúan con el consumo y la deposición de huevos, iniciando el ciclo de nuevo. Cuando los ciclos de vida son conocidos, se puede reconstruir el tiempo transcurrido desde la muerte. Los moscardones

inician con la alimentación del cadáver directamente después de la muerte. Su frecuencia máxima es entre cinco y 25 días, mientras que los escarabajos aparecen después de un o dos días, alimentándose de los huevos de las moscas, y permanecen más tiempo que ellas, con una frecuencia máxima entre 13 y 61 días. Los ciclos vitales de los insectos permiten a los especialistas la estimación del intervalo posmortem de unos días hasta aproximadamente un año.

El insecto más analizado en este contexto es el moscardón, una mosca de aspecto metálico de color azul y verde, que vive normalmente en áreas de basura y restos biológicos. Aunque es más frecuente en áreas tibias y húmedas, se encuentra por todas partes en los EEUU y su ciclo de vida es conocido. Usualmente les aparecen directamente - minutos hasta horas - después de la muerte, y las hembras depositan huevos que quedan desde seis hasta 40 horas, hasta que la larva empieza a alimentarse. Entre tres y diez días, las larvas migran del cadáver al suelo, donde se transforman en adultos durante los próximos seis a 18 días. Terminando su transformación, el moscardón adulto regresa al cadáver, y el ciclo de nueve a 35 días inicia de nuevo. Con este conocimiento y la identificación de las etapas del desarrollo de los moscardones, los expertos están son capaces de reconstruir el tiempo de la muerte.

En la práctica, Rodríguez y Bass (1983) resumieron, que la presencia única de moscas indica el tiempo de la muerte hacia tres días o menos. Cuando predominan moscas en el escenario, la muerte ocurrió hacia 13 y 25 días, y en caso de presencia única de escarabajos la muerte ocurrió probablemente hace 25 días.

Los problemas generales con estos métodos es que los insectos no se quedan en la escena, sino aparecen, desaparecen y vuelven al sitio. El clima también influye al ciclo. Además, los ciclos vitales de los escarabajos no son profundamente estudiados como los de las moscas. Por eso es recomendable, si no indispensable, que los especialistas entomológicos hagan estos análisis con base en los hallazgos del forense. Byers (2002) presentó unas instrucciones para capturar a los insectos.

Botánica forense

Es la disciplina, que analiza el valor medicolegal de la flora encontrada en asociación con restos humanos. Hall (1997) describió los cuatro usos de la plantas en este contexto. Primero, la presencia de grama, arbustos, árboles y otras puede ser utilizado para la determinación de la cantidad de factores alrededor de una muerte. Segundo, el crecimiento dentro o debajo de restos humanos indica cuando o en que época del año ocurrió la muerte. Tercero, la existencia del material floral extraño indica donde se movió el individuo antes de la muerte o el desplazamiento del cadáver. Finalmente se puede determinar el intervalo posmortem por las tasas conocidas del crecimiento de plantas.

Para determinar el tiempo transcurrido desde la muerte se utilizan técnicas absolutas, independientes y comparativas. Las técnicas absolutas tratan la cantidad del crecimiento floral. Wiley y Heilman (1987) dieron cuenta, que se determina el intervalo posmortem por los anillos de troncos y raíces que crecen dentro los restos humanos.

Por su desarrollo anual cada anillo representa un año. Un tronco con cinco anillos significa entonces, que los restos fueron enterrados hacia cinco años como mínimo. El método comparativo se refiere a la comparación de las raíces detrás de los restos con las de los alrededores. En virtud de que la nutrición de los restos orgánicos acelera el crecimiento de plantas, las raíces asociadas con restos humanos son más gruesas que las de plantas similares afuera del área con los restos. El aumento del grosor indica el intervalo posmortem. Pero los métodos de la botánica forense poseen sus límites. Con certeza absoluta se puede estimar solamente la edad mínima hacia la muerte, porque no se determina el tiempo exacto en que se depositó la planta. La diferencia entonces resulta del desconocimiento del tiempo entre la muerte y el tiempo cuando brotaron las plantas. El segundo problema refiere a que los intervalos son anuales; no se puede determinar intervalos más específicos.

Así, como en la situación de la entomología forense, el antropólogo debe recolectar material para los estudios especializados. Los métodos para la recolección son presentados por Hall (1997), enfocando que se recogen pruebas de hojas, troncos o raíces de flores, gramas, arbustos o árboles cerca o dentro los restos y para su embalaje se envuelven en papel. Las raíces que crecen entre restos humanos se cortan en el punto donde se entran en los restos.

Deterioro de ropa y otros materiales

En estudios pioneros, Morse et al (1983) analizaron como se deterioran materiales como ropa y papel en clima tibio y húmedo en el norte de Florida, EEUU. Bajo condiciones controladas los investigadores observaron como se modifican los materiales enterrados o al aire libre. En la tabla siguiente (tabla 16) entran también los datos de Rowe (1997), quien analizó el deterioro de fibras sintéticas en suelos sólidos.

Tabla 16 Ratio de decadencia (en meses) de materiales asociados en áreas húmedas (según Byers 2002)

material	superficie			enterrado		
	templado	**severo**	**destrucción**	**templado**	**severo**	**destrucción**
papel moneda (no protegido)	0,5	desconocido	10	0,5	1	2
papel (protegido)	6	desconocido	36	2	6	desconocido
algodón	1 - 3	desconocido	7	0,5 – 10	desconocido	2 – 10
acetato	desconocido	desconocido	desconocido	2	3 – 7	8+
rayón	2	desconocido	15	2 – 7	8 – 9	desconocido
seda y lana	10	15	35	10	15	35

Los resultados presentes reflejan, que los mismos factores, que causan el deterioro de material biológico, afectan los materiales no-biológicos. El efecto más grande lo lleva la temperatura, porque las bacterias responsables de romper los tejidos prefieren vivir en temperaturas de 70 grados Fahrenheit. Otros agentes correlacionados con la velocidad de la descomposición son la humedad, tipo del suelo y luz del sol. Es obvio,

que los materiales protegidos, por ejemplo en bolsillos muestran tasas de deterioro más lentos que suelos ácidos, y la presencia de insectos acelera este proceso.

Muchos materiales se deterioran durante los años después de la disposición, pero el acrílico, nailon o el poliéster muestran solamente poca destrucción, incluso año después, por lo que tienen su valor para la estimación de intervalos posmortem grandes. Después de más que 20 años, los hallazgos arqueológicos recuperados en las exhumaciones en Guatemala presentan en gran cantidad restos de la ropa de las víctimas fallecidas.

Tabla 17 contiene los resultados de la descomposición del cabello humano, enterrado en jardines bien regados. Según Rowe (1997) es imposible recolectar la muestras después de medio año.

Tabla 17 Biodeterioro del cabello humano enterrado en tierra de jardín bien regado (según Rowe 1997)

etapa	descripción
1. mes	muestra de pelo con túnel fungoso
2. mes	muestra de pelo con túnel fungoso; medio de la muestra con vesículas del córtex o médula
3. mes	túnel fungoso y vesículas presentes; daño de la capa cutícula en 80%
4. mes	mitad de la muestra con fragmentación de la diáfisis del pelo; túneles vesículas y daños cuticulares en todas las muestras
5. mes	recuperación de 30% de las muestras imposible por deterioro severo; 70% con todos tipos de biodeterioro: túnel, vestículas, daños cuticulares y fragmentación
6. mes	recuperación de las muestras imposible por deterioro severo

2. Análisis de huesos quemados

2.1. Introducción a la cremación

Restos quemados son todos los residuos non combustibles, partículas minerales, del cuerpo humano. Los análisis de la cremación aporta datos valiosos para la identificación de los restos humanos. Las primeras descripciones de los huesos quemados se hicieron en el año 1658 por Sir Th. Browne. A pesar de esta tradición todavía no existe una sistematización de los resultados logrados por científicos de los EEUU o Europa, aunque se cuenta con la documentación de cremaciones desde el Neolítico.

En el contexto de la antropología forense las cremaciones son comunes, por un lado, porque los autores de delitos tratan de ocultar por fuego sus hechos de violencia. Por otro lado, en los accidentes de tránsito (por ejemplo en carro, bus, tren, avión) ocurren incendios, donde los forenses tienen que identificar a las víctimas. En dichos casos, los forenses necesitan la capacidad distinguir entre restos humanos y no-humanos. Otros aspectos del análisis de restos quemados son las preguntas de la cantidad de

individuos incinerados, la identificación con los parámetros demográficos (sexo, edad, estatura, peso, patrón ancestral) y la identificación de diagnósticos patológicos, así como la reconstrucción de lo ocurrido, como en la escena forense tradicional (Byers 2002, Herrmann 1988). Tabla 18 contiene la sistematización de tipos de cremación.

Tabla 18 Terminología de restos quemados (según Correira 1997)

tipo de cremación	tejido
carbonizado	órganos internos
parcial	tejidos blandos
incompleto	partes de los huesos
completo	ceniza solamente

2.2. Proceso de cremación

El fuego y el calor modifican y destruyen durante la cremación la estructura ósea en distintas maneras, las cuales la afectan en su tamaño, color y forma. Entre 105 y 300^{0}C el hueso pierde agua y se observa la reducción de los huesos en nivel de 1-2% de su volumen. Después inicia una fase entre 300 – 600^{0}C, en la cual los materiales sólidos se extienden brevemente. Con la temperatura entre 600 - 800^{0}C sigue la reducción en el nivel mencionado anteriormente y se sale el carbono. Entonces, las temperaturas debajo de 800^{0}C no afectan tanto la reducción del tamaño de restos óseos. Con temperaturas mayores de 800^{0}C la consistencia de los huesos esta a causa de recristalización y la homogenización de la estructura interna más sólida. El punto de fusión se logra aproximadamente con 1630^{0}C, pero estas temperaturas solamente se alcanzan en experimentos donde se utiliza, en el proceso de la cremación, una ventilación fuerte conjunto con ceniza de madera (ver Correira 1997, Correira & Beattie 2002, Herrmann 1988, Herrmann et al. 1990).

Tabla 19 Fases durante el proceso de la cremación (según Correira 1997)

fase	cambios histológicos	temperatura (^{0}C)	metodología
deshidratación	extracción del agua	105 - 600	histología “scanning electron microscopy”
descomposición	extracción de los componentes orgánicos	500 – 800	termogravometría
inversión	extracción de los carbonatos	700 – 1100	rayos x diffracción
fusión	punto de fusión de los cristales	1630	microradiografía rayos x diffracción

Se documenta a veces formas especiales como nueces con cuevas, que se denominan “clinker”. Estos son resultado del punto de fusión (Herrmann et al. 1990, Willey & Scott 1999). Tabla 19 conlleva la información sobre el proceso de la cremación en relación a la metodología utilizada.

Reducción y modificación de los huesos

La reducción es un proceso de recristalización, que se observa más evidente en la estructura compacta, que en la estructura esponjosa de los huesos. En general, la longitud ósea disminuye entre 12% hasta 15%, y los diámetros entre 25% y 30% en temperaturas mayores de 1000^{0}C. Pero se logró diferentes resultados en distintas investigaciones; además los distintas porciones corporales no se modifican de manera homogénea. Por ejemplo el diámetro del fémur se reduce hasta 30%, mientras el diámetro del radio solamente se reduce hasta 2,5%; la cabeza del fémur se reduce hasta 12% y ésta del radio a solo 3,8 – 5% (Grupe & Herrmann 1983, Herrmann et al. 1990). Factores específicos de la reducción se pueden sacar de la figura 1 y de la tabla 20:

Tabla 20 Reducción inducida por la temperatura durante el proceso de la cremación

temperatura (^{0}C)	**porcentaje**
150 - 300	1 – 2
750 - 800	1 – 2
600 - 1000	5 – 13
1000 - 1200	14 – 18

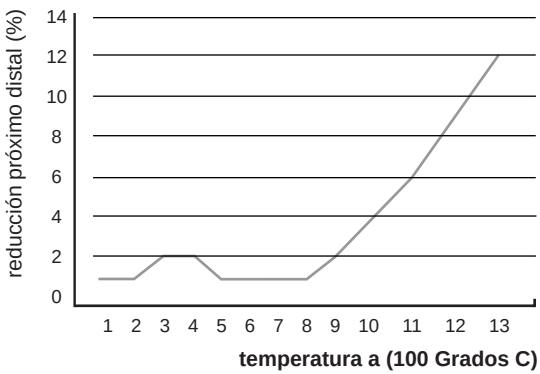


Fig. 1 Reducción en correlación con la temperatura (modificado, según Herrmann 1988)

Según Ubelaker (1999), la reducción evidente hasta 25 % de la longitud ósea se realiza con temperaturas entre 700^0 C y 900^0 C; temperaturas más altas no afectan más al proceso de la reducción.

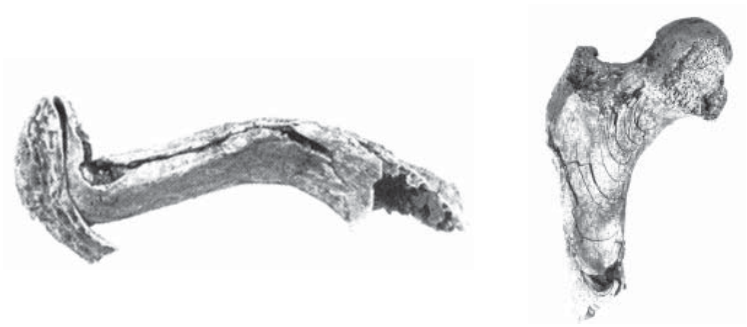
A causa de deshidratación y modificación de los contenidos de minerales, el hueso mismo se deforma con la influencia de la temperatura. Por ejemplo, el hueso esponjoso se encoge con la influencia del calor pero mantiene su forma, mientras que el hueso

compacto se quiebra. Se observan grietas (redondeadas o rectas) afectadas por el calor de la cremación, ubicadas en la superficie de los huesos, donde se ubicaron las áreas de tensión y estrés biomecánico. Las grietas torcidas, grietas elípticas y fracturas dentadas transversales indican la presencia de tejidos blandos, es decir, que quemó el cuerpo entero o partes con piel, músculos, grasa, ligamentos, tendones etc . Grietas en las cabezas de articulación en los huesos largos, carpos y tarsos muestran también el tipo de fracturas concéntricas o en forma de terraza, como en el cráneo o las vértebras. En cremaciones se identifican también esquirlas transversales. Para distinguir entre aquellas formas de la cremación y los cambios ocurridos en la cremación de huesos secos se utiliza la apariencia de las grietas, que son de forma longitudinal (Byers 2002, Correira 1997, Herrmann 1988).

La superficie de los huesos cambia por la influencia del fuego y la temperatura según el esquema en tabla 21:

Tabla 21 Cambios de la superficie en relación con la temperatura

superficie	**temperatura** (^{0}C)
áspera - suave	105 - 600
espumada	500 – 800
grietas	700 – 1100
ceniza	1630



a) b)

Fig. 2 Modificaciones causadas por cremación; a) deformación en una costilla; y b) grietas elípticas en el fémur (por Herrmann 1988)

Decoloración

El color de los huesos se modifica con la temperatura y la duración del proceso de la cremación. Se identifican decoloraciones de primer y segundo grado en nivel de cremación completa. Las primeras son descritas por márgenes claros en fracturas de la estructura compacta, que indican un corto tiempo de la exposición al fuego. Las decoloraciones de segundo grado tienen márgenes obscuros en las fracturas, las cuales resultan por partículas de hollín. Es probable, que las decoloraciones de color café indiquen la presencia de hemoglobina durante el proceso de la cremación, o simplemente la adaptación del color de la tierra. Los huesos negros están carbonizados y los de color gris - azul, representan la pirolización de las partes orgánicas óseas. Huesos blancos están calcinados. Además se observan decoloraciones verdes, amarillas, fucsias o rojas, las cuales se hallan en correlación con materiales artificiales como bronce, cobre o hierro (Byers 2002, Correira 1997, Herrmann et al. 1990, Hummel & Schutkowski 1986). La tabla 22 conlleva la información sobre la correlación entre la temperatura y el proceso de la decoloración, y figura 3 resume los cambios provocados por la cremación.

Tabla 22 Decoloración en cremaciones en correlación con la temperatura y la reducción (según Schafberg 2002, comunicación verbal)

temperatura (^{0}C)	**color**	**reducción** (%)
100 - 300	amarillo	1 - 2
300 - 400	café	1 - 2
400 - 500	negro	1 - 2
500 - 700	gris - azul	1 - 2
> 800	blanco	5 - 25

temperatura (^{0}C)	**100^0**	**200^0**	**300^0**	**400^0**	**500^0**	**600^0**	**700^0**	**800^0**	**900^0**	**1000^0**
color	amarillo		café	negro	gris / azul				blanco	
reducción (%)	1-2						5-13		> 25	
superficie	áspera - suave				espumada		grietas			
consistencia	bajando						**estado de transformación estructura desordenada, como tiza**		creciendo	

Fig. 3 Modificación del material y color del hueso en relación a la temperatura (modificado, según Herrmann 1988)

2.3. Métodos de la identificación en huesos quemados

Debido al estado precario de la conservación, se recomienda un levantamiento de los restos quemados en bloque. Para mejorar la resistencia durante el levantamiento y la preparación en el laboratorio conviene endurecer los restos. En el laboratorio se secan los restos unas semanas sin su exposición al sol, para evitar la fracturación. Cuando sea necesario, se lavan los restos con cuidado en agua sobre una reja (2x2 mm) y se secan colocando toallas encima y debajo (Herrmann 1988, Herrmann et al. 1990, Hummel & Schutkowski 1986). Antes del análisis de los restos se ordenan por tipo y tamaño según este esquema:

- Cráneo con mandíbula incluyendo piezas dentales
- Diáfisis
- Epífisis
- Huesos de la pelvis
- Huesos de hombro
- Columna vertebral
- Otros restos

En el análisis de cremaciones es frecuente (50-68%) encontrar fragmentos del maxilar, de la mandíbula, de la porción petrosa, de falanges o huesos largos. También se detectan partes del acetábulo, de la sínfisis púbica, de la protuberancia occipital externa, de las cabezas de articulación y de las vértebras. Al contrario, los hallazgos del zigomático, del frontal, de la clavícula, de los carpos o las vértebras lumbares son raros. Enfocando a la mano, la cremaciones afecta primero a los metacarpos y los fines proximales de las falanges; como última porción se afecta a los falanges distales a causa del cierre del puño, que está provocado por la tensión natural de los músculos y ligamentos. Generalmente, los huesos densos o empacados en tejidos se conservan de manera mejor (Correira & Beattie 2002, Herrmann et al. 1990).

En comparación con huesos de animales, que poseen superficies más lisas y pulidas, los huesos quemados humanos tienen superficies más ásperas, que se observan en cremaciones con temperaturas hasta 285^{0}C. Con temperaturas más altas, la superficie pierde su carácter áspero y aparece más suave.

Como regla general se estableció, que cuando el peso de los restos quemados analizados es mayor que 2500 gramos, supuestamente se trata de la presencia de más que solo un individuo. El promedio del peso en las cremaciones es 2000 gramos por individuo con mayores pesos de los hombres en comparación con las mujeres (Herrmann et al 1990).

Para el diagnóstico individual en huesos quemados se utiliza en general los mismos métodos y criterios de la antropología física, que se aplica en restos secos óseos humanos (consultar tomos II, III, V, VI).

Para la estimación de la edad se han establecido análisis de las suturas craneales, de la abrasión de los dientes, la metamorfosis de la cuarta costilla, de la faceta auricular del ilion y de la sínfisis púbica, para mencionar los principales. Sin embargo, la temperatura causa a veces aperturas en las suturas y provoca que las piezas dentarias se quiebren y salten de sus raíces. Por lo general, la determinación de la edad en individuos ancianos es más difícil que en las etapas anteriores.

En caso de la determinación del sexo se analiza la porción petrosa del temporal a través de su morfología y morfometría (comparar figura 4), el diente del axis, el grosor de la lamina craneal (tabla 23), y el grosor de las diáfisis, tomando en cuenta, que los huesos cremados han perdido sus dimensiones y arquitectura original, y por eso parecen mas gráciles. Por otro lado, los relieves de las inserciones musculares se profundizan. Además se analiza criterios morfognósticos craneales como proceso mastoideo, margen supraorbital, ángulo gonial, mentón y arco supraorbital. En la pelvis se observa en primera línea la escotadura ciática mayor y el surco preauricular, aplicando la mayor objetividad para el análisis de criterios cualitativos.

Tabla 23 Determinación del sexo con base en mediciones óseas (según Correira 1997)

criterio	femenino	masculino
grueso del parietal	< 11	> 11
grueso del frontal superior	< 11	> 11
grueso del occipital	< 11	> 11
diámetro transversal del diente del axis	< 9	> 9

Como consecuencia, la reducción en huesos con mayor contenido de minerales es más evidente. Por eso, los huesos de los hombres exhiben una tasa de la reducción de sus dimensiones mayor que las mujeres, y los hace parecer más gráciles.

La porción petrosa además muestra diferencias distintas entre los sexos

- El ángulo del meato acústico interno y externo y el eje longitudinal del hueso es más pequeño en varones
- El meato acústico interno es en mujeres más angulado en relación a la superficie interior (esta observación también sirve en niños)

Para obtener criterios adicionales, se mide en muestras representativas el grosor de las diáfisis del fémur, húmero y radio sin tomar en cuenta las protuberancias o eminencias como la línea áspera o la tuberosidad deltoidea. Con estos valores se crea un rango, que se divide en dos partes iguales. Las mediciones de la parte más pequeña pertenecen supuestamente a individuos femeninos, y las más grandes a los hombres.

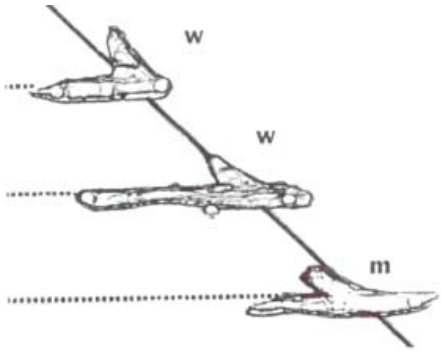


Fig. 4 Diferencias entre los sexos en el ángulo lateral del meato acústico; ángulos mayores que 45° son típicos para mujeres, mientras los ángulos puntiagudos son típicos para varones (por Graw 2001)

La reconstrucción de la estatura es posible , bajo ciertas limitaciones, aunque se presenta más una estimación aproximada por razones de la tasa de reducción mencionada anteriormente. Según Rösing (citado en Herrmann et al. 1990), se utilizan las siguientes fórmulas:

estatura de hombres en mm

1219,8 + 11,35 diámetro transversal de la cabeza del húmero +/- 85,54
1320,7 + 8,88 diámetro vertical de la cabeza del fémur +/- 73,52

estatura de mujeres en mm

1119,1 + 12,51 diámetro transversal de la cabeza del húmero +/- 74,10
1228,2 + 9,30 diámetro vertical de la cabeza del fémur +/- 69,22

Además, se aplican análisis bio-químicos (por ejemplo ^{14}C para la determinación de la edad cronológica) en huesos quemados, mientras el análisis del ADN no brinda resultados por razones de degradación (Brown et al. 1995). Las posibilidades de determinar si la víctima estaba viva antes de la cremación o no, son limitadas o imposibles.

Finalmente, en un protocolo sobre restos quemados se implica los siguientes criterios:

- Peso
- Constelación: completo / representativo / no representativo
- Comentarios generales
- Sexo
- Criterios de la estimación del sexo
- Edad

- Criterios de la estimación de la edad
- Comentarios descriptivos

La terminología para las categorías de los fragmentos es:

1) Pequeño < 1 cm
2) Mediano 1 - 5 cm
3) Grande > 5 cm

y de la representación:

1) Completo
2) Representativo
3) Non representativo

2.4. Ficha de análisis para restos quemados

CAFCA

Ficha No. _____

Caso No. _____ Sitio _____ Fosa _____ Osamenta _____

Analizó _____ Lugar y Fecha _____

No. Ficha de exhumación _____

Situación del hallazgo:		Nivel de cremación completo / incompleto decoloración	
Tipo de la fosa, asociados etc.:		consistencia	
Peso		Tamaño de fragmentos	
Cráneo			
Poscráneo		Observaciones:	
Indefinidos			
Total			
Sexo		Edad	
Criterios del sexamiento:		Criterios de la determinación de edad:	
Porción petrosa		Cantidad de los individuos:	
LM 2		Estatura	
LM 4		Húmero	
LM 5		Radio	
LM 6		Fémur	
HM 1		Tibia	
BM 2		Fotografías	
HM 2			
BM 1			

Bibliografía

Anderson GS & VJ Cervenka (2002) Insects associated with the body: Their use and analyses. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Advances in forensic taphonomy: method theory, and archaeological perspectives. CRC Press, 173-200

Bass WM (1984a) Time interval since death: A difficult decision. En TA Rathburn & JE Buikstra (eds) Human identification. Case studies in forensic anthropology. CC Thomas Publishers, Springfield, Illinois, 136-147

Bass WM (1984b) Is it possible to consume a body completely in a fire?. En TA Rathburn & JE Buikstra (eds) Human identification. Case studies in forensic anthropology. CC Thomas Publishers, Springfield, Illinois, 159-167

Bass WM (1997) Outdoor decomposition rates in Tennessee. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 181-186

Berryman HE, Bass WM, Symes SA & OC Smith (1997) Recognition of cemetery remains in the forensic setting. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 165-170

Boyle S, Galloway A & RT Mason (1997) Human aquatic taphonomy in the Monterey bay area. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 605-614

Brooks S & PH Brooks (1997) The taphonomic effects of flood waters on bone. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 553-558

Brothwell D (1987) Desenterrando huesos. Fondo de Cultura Económica, México

Brown KA, O'Donoghue K & TA Brown (1995) DNA in cremated bones from an early Bronze Age cemetery cairn. International Journal of Osteoarchaeology 5: 181-187

Byers SN (2002) Introduction to forensic anthropology. Allyn and Bacon

Clark MA, Worrell MB & JE Pless (1997) Postmortem change in soft tissues. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 151-164

Correira PMM (1997) Fire modification of bone: a review from the literature. En Haglund WD & MH Sog (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 275-286

Correira PM & O Beattie (2002) A critical look at methods for recovering, evaluating, and interpreting cremated human remains. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Advances in forensic taphonomy: method theory, and archaeological perspectives. CRC Press, 435-450

Dirkmaat DC & JM Adovasio (1997) The role of archaeology in the recovery and interpretation of human remains from an outdoor forensic setting. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 39-64

Dirkmaat DC (2002) Recovery and interpretation of fatal fire victim: The role of forensic anthropology. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Advances in forensic taphonomy: method theory, and archaeological perspectives. CRC Press, 451-472

Dokladal M (1970) Ergebnisse experimenteller Verbrennungen zur Feststellung von Form- und Grössenveränderungen von Menschenknochen unter dem Einfluss von hohen Temperaturen. Anthropologie (Brno) 8(2): 3-17

Dokladal M (1971) A further contribution to the morphology of burned human bones. En V: Novotny (ed) Proceedings of the Anthropological Congress Dedicated to Ales Hrdlicka in Prague and Humpolec 1969. Academy of Science, Prague, 561-568

Duday H (1997) Antropologá biológica “de campo”, tafonomia y arqueología de la muerte. En Malvido E, Pereira G & V Tiesler (1997) El cuerpo humano y su tratamiento morturio. Colección Científica, México, 91-126

Galloway A (1997) The process of decomposition: A model from the Arizona-Sonoran desert. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 139-150

Galloway A, Birkby WH, Jones AM, Henry TA & BO Parks (1989) Decay rates of human remains in an arid environment. Journal of Forensic Sciences 34: 607-616

Graw M (2001) Morphometrische und morphognostische Geschlechtsdiagnostik an der menschen Schädelbasis. En M Oehmichen y G Geserick (eds) Osteologische Identifikation und Altersschätzung. Schmidt Roemhild, Lübeck, 103-121

Grupe G & B Herrmann (1983) Über das Schrumpfungsverhalten experimentell verbrannter spongiöser Knochen am Beispiel des Caput femoris. Zeitschrift fuer Morphologie und Anthropologie 74, 121-127

Haglund WD & MH Sog (eds 1997a) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press

Haglund WD & MH Sorg (1997b) Method and theory of forensic taphonomic research. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 13-26

Haglund WD & MH Sorg (eds 2002) Advances in forensic taphonomy: Method, theory, and archaeological perspectives. CRC Press

Haglund WD (1997a) Dogs and coyotes: Postmortem involvement with human remains. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 367-382

Haglund WD (1997b) Rodents and human remains. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press

Haglund WD (2002) Recent mass graves: An introduction. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Advances in forensic taphonomy: method theory, and archaeological perspectives. CRC Press, 243-262

Haglund WD, Reay DY & DR Swindler (1988) Tooth artifacts and survival of bones in animal-scavenged human skeleton. Journal of Forensic Sciences 33: 985-997

Hall DW (1997) Forensic botany. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press

Haskell NH, Hall RD, Cervenka VJ & MA Clark (1997) On the body: Insects' life stage presence, their postmortem artifacts. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 415-448

Heglar R (1984) Burned remains. En TA Rathburn & JE Buikstra (eds) Human identification. Case studies in forensic anthropology. CC Thomas Publishers, Springfield, Illinois, 148-158

Henke W & H Rothe (1994) Paläoanthropologie. Springer Verlag, New York, Stuttgart

Herrmann B (1988) Behandlung von Leichenbrand. En R Knussmann (ed) Anthropologie. Band I, Teil 1, Fischer Verlag, 576-586

Herrmann B, Grupe G, Hummel S, Piepenbrink H & H Schutkowski (1990) Prähistorische Anthropologie. Springer Verlag

Hummel S & H Schutkowski (1986) Neue Ansätze in der Leichenbranduntersuchung. En B. Herrmann (ed) Innovative Trends in der prähistorischen Anthropologie. Berliner Gesellschaft fuer Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte, 141-146

Janaway RC (2002) Degradation of clothing and other dress materials associated with buried bodies of both archaeological and forensic interest. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Advances in forensic taphonomy: method theory, and archaeological perspectives. CRC Press, 379-402

Kennedy KAR (1999) The wrong urn: Commingling of cremains in mortuary practises. En SI Fairgrieve (ed) Forensic osteological analysis. A book of case studies. CC Thomas, 141-150

Komar DA (1998) Decay rates in a cold climate region: a review of cases involving advanced decomposition from the medical examiner's office in Edmonton, Alberta. Journal of Forensic Sciences 43: 57-61

Lyman RL & GL Fox (1997) A critical evaluation of bone weathering as an indication of bone assemblage formation. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 223-248

Malinowski A & R Porawski (1969) Identifikationsmöglichkeiten menschlicher Brandknochen mit besonderer Berücksichtigung ihres Gewichtes. Zacchia 5: 392-410

Manheim MH (1997) Decomposition rates of deliberate burials: A case study of preservation. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 469-482

Maples WR & M Browning (1994) Dead men do tell tales. The strange and fascinating cases of a forensic anthropologist. Doubleday, New York

Mays (2000) The chemical degradation of bone. En M Cox & S Mays (eds) Human Osteology in archeological and forensic science. Greenwich Medical Media Ltd. London, 42-438

Mays S (2003) The archaeology of human bones. Routledge, London, New York

McKinley J (2000) The analysis of cremated bone. En M Cox & S Mays (eds 2000) Human osteology in archaeology and forensic science. Greenwich Medical Media, London, 403-421

Morse D, Duncan J & J Stoutamire (1983) Handbook of Forensic Archaeology and Anthropology. Rose Printing, Talahassee

Nielsen-Marsh C, Gernaey A, Turner-Walker G, Hedges R, Pke A & M Collins (2000) The chemical degradation of bone. En M Cox & S Mays (eds) Human Osteology in archeological and forensic science. Greenwich Medical Media Ltd. London, 425-438

Penados L & U Krenzer (2005) Antropología Forense. Segunda parte. Curso de especialización en medicina legal y ciencias forenses. Modulo II, Ciencias Forenses. Universidad de San Carlos, Guatemala

Piontek J (1976) The process of cremation and its influence on the morphology of bones in light of results from experimental research. Archaeologica Polski 21: 254-280

Rhine S & JE Dawson (1998) Estimation of time since death in the Southwestern United States. En KJ Reichs (ed) Forensic osteology. Advances in identification of human remains. CC Thomas Publisher, Springfield, Illinois, 145-160

Rodríguez III WC & Bass WM (1983) Insect activity and its relationship to decay rates of human cadavers in east Tennessee. Journal of Forensic Sciences 28: 423-432

Rodríguez III WC (1997) Decomposition of buried and submerged bodies. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 459-468

Rowe WE (1997) Biodegradation of hairs and fibers. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 337-352

Schmitt S (2002) Mass graves and the collection of forensic evidence: Genocide, war crimes, and crimes against humanity. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Advances in forensic taphonomy: method theory, and archaeological perspectives. CRC Press, 277-291

Shipman P, Foster P & M Schoeninger (1984) Burnt bones and teeth: An experiment study of color, morphology, crystal structure, and shrinkage. Journal of Archaeological Science 11: 307-325

Skinner M (1999) Cremated remains and expert testimony in a homicide case. En SI Fairgrieve (ed) Forensic osteological analysis. A book of case studies. CC Thomas, 151-172

Skinner M & RA Lazenby (1983) Found! Human Remains. A field manual for the recovery of the recent human skeleton. Archaeology Press, Simon Fraser University, Burnaby, B.C, 65-78

Sledzik PS (1998) Forensic taphonomy: Postmortem decomposition and decay. En KJ Reichs (ed) Forensic osteology. Advances in identification of human remains. CC Thomas Publisher, Springfield, Illinois, 109-119

Sorg MH; David E & AJ Rebmann (1998) Cadaver dogs, taphonomy, and postmortem intervals in the Northeast. En KJ Reichs (ed) Forensic osteology. Advances in identification of human remains. CC Thomas Publisher, Springfield, Illinois, 120-144

Stewart TD (1979) Essentials of forensic anthropology, especially as developed in the United States. CC. Thomas. Springfield, Illinois

Stiner MC, Kuhn SL, Weiner S & O Bar-Yosef (1995) Differential burning, recristallisation and fragmentation of archaeological bone. Journal of Archaeological Sciences 22: 223-237

Ubelaker DH (1997) Taphonomic applications in forensic anthropology. En WD Haglund & MH Sorg (eds) Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press, 77-91

Ubelaker DH (1999) Human Skeletal Remains. Excavation, Analysis, Interpretation. Taraxacum-Washington, Smiths. Inst. Manuals on Archaeology 2, 129-130

Wahl J (1982) Leichenbranduntersuchungen: Ein Überblick über die Bearbeitungs- und Aussagemöglichkeiten von Brandgräbern. Prähstorische Zeitschrift 57: 1-25

Wiley P & A Heilman (1987) Estimating time since death using plant roots and stems. Journal of Forensic Sciences 32: 1264-1270

Willey P & DS Scott (1999) Clinkers on the Little Big Horn Battlefield: In situ investigation of scattered recent cremains. En SI Fairgrieve (ed) Forensic osteological analysis. A book of case studies. CC Thomas, 129-140

COMPENDIO DE MÉTODOS ANTROPOLÓGICO FORENSES

Tomo I	Osteometría
Tomo II	Métodos para la determinación del sexo
Tomo III	Estimación de la edad osteológica en adultos
Tomo IV	Estimación de la edad osteológica en subadultos
Tomo V	Características individualizantes
Tomo VI	Antropología dental
Tomo VII	Cambios posmortem
Tomo VIII	Traumas y paleopatología

ISBN 99922-859-7-4

Deutscher Entwicklungsdienst

Visite nuestro sitio en internet
http://www.cafcaguatemala.org

Servicio de las Iglesias Evangélicas en Alemania para Desarrollo